

# Reutilização de efluente de torre de resfriamento de uma planta petroquímica

Paula Gonçalves Santos

Engenheira Química Mestre em Engenharia de Meio Ambiente  
Engenheira de Processo - INNOVA S.A. Pólo Petroquímico  
Rodovia Tabai Canoas Km 419 Via do Contorno, 212 - Pólo Petroquímico  
Telefone: 51 34575864 Fax: 51 34575829 - CEP: 95853-000 Triunfo, RS Brasil  
Email: [paula.goncalves@petrobras.com](mailto:paula.goncalves@petrobras.com)  
Professora do Curso de Engenharia Industrial do Instituto de Ciências  
Exatas e Tecnológicas da Feevale  
Email: [paulags@feevale.br](mailto:paulags@feevale.br)

## Resumo

O desempenho do tratamento da água da purga de uma torre de resfriamento foi avaliado em um processo piloto de separação por membranas com a finalidade de realimentar a torre, substituindo a água clarificada, e reduzir o volume de efluente gerado. O processo piloto implementado foi dividido em etapas. Primeiramente ocorre a neutralização, por processo químico, do cloro residual, seguindo para um filtro de areia para retirar os sólidos grosseiros. A seguir, a água alimenta um processo de nanofiltração, onde são retirados os sólidos suspensos e compostos orgânicos solúveis de massa molar entre 150-350 Da. Após, o permeado alimenta uma unidade de osmose reversa com o objetivo de remover os sais dissolvidos, moléculas inorgânicas e orgânicas de massa molar semelhante a 100 Da. Com esse processo, foi possível obter uma água com qualidade superior a água clarificada e recuperar 72% do volume de água de purga.

## Palavras-chave

Reutilização de água, torre de resfriamento, nanofiltração, osmose reversa.

# Abstract

It was evaluated the performance of the treatment of purged water from a cooling tower using a pilot process of separation by membranes. The goal is recovering this water, which must again be adding to the tower, substituting the clarified water, and decreasing the wastewater volume. The pilot process was implemented in sequential steps. Initially, the chlorine is neutralized and further, it permeates a sand filter to remove the rude solid. After these previous steps, the water goes through a nanofiltration membrane, where are removed the suspended solids and soluble organic molecules of molar mass between 150-350 Da. Further, the water from nanofiltration step crosses a unit of reverse osmosis to remove the dissolved salts, soluble inorganic and organic molecules of molar mass similar to 100 Da. Through this process, it was possible to obtain water with higher quality than clarified water and to recover about 72% of the volume of purged water.

# Keywords

Reuse of the water, cooling tower, nanofiltration, reverse osmosis.

# Introdução

A adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e mitigar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias tem se tornado uma rotina dentro das empresas. Esta nova diretriz tem sido imposta devido a diversos fatores de âmbito ecológico e comercial como: a limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para o abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente. Além disso, o aumento da consciência ambiental e o surgimento de novas políticas públicas impulsionam as empresas a diminuir o consumo de água (FIESP/CIESP, 2003, p. 23).

Diversos equipamentos em uma planta petroquímica utilizam água que, geralmente, provém de torres de resfriamento. Para evitar problemas de corrosão e incrustações, a água utilizada deve ter parâmetros de qualidade bem controlados, como: cloro livre, pH, alcalinidade, dureza total, dureza cálcica, cloreto, matéria-orgânica, ferro, turbidez, sílica. Quando ocorre a concentração de alguns dos índices, são realizadas purgas, sendo retirada parte da água, a qual segue para o tratamento de efluente. A reposição do volume é realizada por água clarificada, de forma a garantir a continuidade da operação industrial.

A purga da torre de resfriamento é uma fonte significativa de geração de efluente em uma planta petroquímica, sendo assim, verificou-se a necessidade de estudar um processo de reuso para esta corrente. A finalidade deste trabalho é avaliar o desempenho da recuperação da purga da torre de resfriamento através de processos de separação por membranas (PSM) utilizando-se de dados e informações extraídos de um processo piloto implantado.

## 1. Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido em 3 etapas: caracterização da purga da torre de resfriamento, estudo experimental (teste piloto) e avaliação da eficiência do sistema piloto.

### 1.1. Caracterização do efluente (purga da torre de resfriamento)

A caracterização da purga da torre de resfriamento foi realizada através das análises de cloro livre, pH, alcalinidade, dureza total, dureza cálcica, fosfato, cloreto, ferro, sílica, alumínio, cobre, sulfato, turbidez, sólidos suspensos, condutividade, matéria-orgânica e DQO. Todas as análises foram realizadas segundo os métodos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1996).

## 1.2. Estudo experimental (teste piloto)

A filtração por membrana é um sistema de filtração tangencial contínua que resulta em duas correntes: o permeado, que atravessa a membrana semipermeável e o concentrado, que passa tangencialmente pela superfície da membrana carregando as substâncias que não atravessaram o sistema (TCHOBANOGLIOUS et al., 2003). O estudo experimental para reuso da purga da torre de resfriamento foi realizado através de testes de permeação com membranas em dois estágios: o primeiro de nanofiltração, para remover as partículas de sólidos suspensos e compostos orgânicos solúveis e o segundo de osmose reversa, para remoção dos sais dissolvidos. A Figura 1 ilustra o processo piloto implementado.

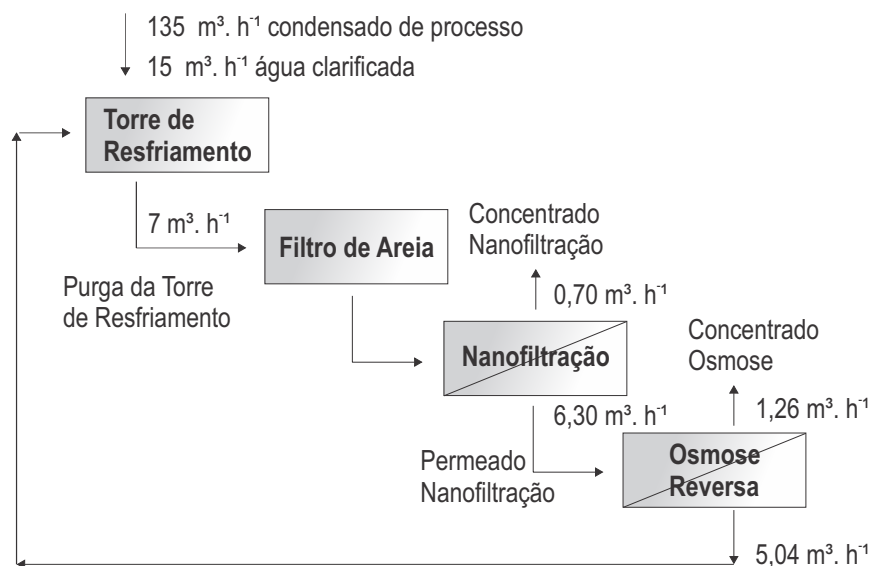


Figura 1 - Representação esquemática das correntes geradas pelo tratamento proposto.

Na etapa anterior ao processo de nanofiltração, utilizou-se um filtro de areia e uma dosagem de metabissulfito de sódio, cujo objetivo é neutralizar o cloro livre presente na água da purga da torre de resfriamento para não danificar as membranas.

No estágio da nanofiltração, utilizaram-se membranas de duas polegadas, estilo espiral e tipo TFC (poliamida). Este estágio serve para retirar sólidos suspensos e compostos orgânicos solúveis com pesos moleculares na ordem de 150-350 daltons, para que não ocorra entupimento da membrana de osmose reversa. A unidade de nanofiltração possui duas saídas: concentrado (água com concentração de sólidos elevados) e o permeado (água tratada) que será encaminhada até um tanque pulmão, para posterior passagem no sistema de osmose reversa.

Na última etapa do sistema de reutilização, o permeado do estágio de nanofiltração alimenta o sistema de osmose reversa, que retira sais dissolvidos, moléculas inorgânicas e orgânicas com peso molecular na ordem de 100 daltons, permitindo níveis de rejeição de sais dissolvidos que variam de 95 a 99% (SANT'ANNA, 2005). Nesta etapa utilizaram-se membranas de duas polegadas, estilo espiral e tipo TFC (poliamida). Este sistema também possui duas saídas: um concentrado (purga do sistema de osmose, rica em sais dissolvidos) e um permeado (água tratada). Esta água extremamente limpa retornará como *make up* de

torre de resfriamento ou para outro ponto do processo produtivo. Assim, o volume de água destinada ao tratamento de efluente e o volume de água clarificada para reposição da carga da torre de resfriamento é reduzido (FURTADO, 2005).

## 1.3. Avaliação da eficiência

A eficiência do sistema foi avaliada comparando-se os valores analíticos encontrados na água após o sistema de reutilização implantado com a água clarificada, atualmente comprada pela empresa para reposição. O fator econômico também foi considerado.

## 2. Resultados e discussões

O sistema piloto implantado apresentou uma recuperação de 72% com relação ao volume da purga que entrou no sistema de tratamento por membranas, uma redução de 30% na compra de água clarificada e uma redução de 70% no envio de efluente para o sistema de tratamento. Abaixo apresentamos as análises da purga, água tratada (recuperada) e água clarificada comprada para avaliação do sistema de reuso. Ressaltamos que alguns parâmetros da água clarificada não são monitorados (n.m.), conforme definição da empresa compradora e fornecedora desta água, visto que esta representa 10% do volume da água que entra na torre de resfriamento. Foram analisados mais parâmetros na água da purga, por ser esta a corrente que influenciaria diretamente na escolha da membrana adequada.

Tabela 1 - Parâmetros analíticos da água da purga e após o tratamento por PSM.

Parâmetro	Água da purga da torre de resfriamento	Água após o tratamento	Água clarificada
Cloro livre (ppm)	0,1 – 0,4	não detectado	0,1 – 0,4
pH	7,5 – 8,5	7,5	7,0 – 8,0
Alcalinidade total (ppm)	50 – 240	3,4	< 30
Dureza Total (ppm)	131 – 200	2,3	< 50
Dureza Cálcica (ppm)	105 – 160	1,6	< 12
Fosfato (ppm)	12 – 16	0,4	n.m.
Cloreto (ppm)	300 – 500	9,7	< 30
Ferro (ppm)	1 – 3	0,05	< 0,3
Sílica (ppm)	50 – 200	1,3	< 15
Alumínio (ppm)	0,2 – 1,0	0,1	n.m.
Cobre (ppm)	0,2 – 0,5	0,05	n.m.
Sulfato (ppm)	50	–	n.m.
Turbidez (FTU)	30	3,9	< 5
Sólidos suspensos (ppm)	60	–	n.m.
Condutividade (mmhos/cm)	1500 – 2500	< 50	< 300
Matéria orgânica (ppm)	20 – 50	< 1	< 3
DQO (ppm)	50 – 70	< 30	n.m.

Além de obter uma água com melhor qualidade com relação à água clarificada, o uso do processo por membranas não gera lodo no tratamento da água. Além disto, o consumo de produtos químicos é reduzido, restringindo-se ao metabissulfito de sódio adicionado para a remoção do cloro livre. Adicionalmente, foi contabilizada uma redução do volume de purga devido a melhor qualidade da água obtida com o processo de membranas.

Estimativas de custo comprovam que o custo operacional total também será menor ou equivalente com respeito ao processo usado atualmente, independente dos investimentos significativos com a implantação do processo de membranas e com o consumo de energia necessário para sua operação. Tendo em vista que futuramente será taxada a captação de água, a redução de custo deve ser mais significativa, o que não foi considerado na avaliação atual.

### 3. Conclusões

O sistema piloto implantado apresentou uma recuperação de 72% com relação ao volume da purga que entrou no sistema de tratamento por membranas, uma redução de 30% na compra de água clarificada e uma redução de 70% no envio de efluente para o sistema de tratamento. A água tratada, agora em condições adequadas, retorna como água de reposição da torre de resfriamento, reduzindo o volume da água clarificada, atualmente adquirida da central de matérias-primas. É esperada uma redução do volume da purga necessária após a implementação do processo industrial. O processo aprovado está sendo implantado e estudos sobre a vida útil serão avaliados.

### Bibliografia

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 23.ed. Washington: [s. n.], 1996.

FURTADO, M. Desmineralização Pesquisa nacional promete expandir uso de membranas. **Revista Química e Derivados**, v. 442, p. 14-26, out. 2005.

SANT'ANNA, J.P. Nanotecnologia Minúsculas partículas, grandes negócios. **Revista Química e Derivados**, v. 443, p. 14-26, nov. 2005.

SÃO PAULO, FIESP/CIESP. **Conservação e Reutilização de Água**. Manual de Orientações para o Setor Industrial. São Paulo: [s. n.], 2003.

TOCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F.; STENSEL, H. D. e METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, c2003.